

伸張－短縮サイクル運動を利用した体幹捻転  
パワーが投球時の体幹捻転動作に及ぼす影響：  
中学野球選手を対象として

Influence of trunk twist rotation power using Stretch-Shortening cycle  
movement on trunk twist rotation at throwing motion :  
Focusing on junior high school baseball player

比留間 浩 介・森 健 一

Kosuke Hiruma and Kenichi Mori

# 伸張－短縮サイクル運動を利用した体幹捻転 パワーが投球時の体幹捻転動作に及ぼす影響： 中学野球選手を対象として

**Influence of trunk twist rotation power using Stretch-Shortening cycle  
movement on trunk twist rotation at throwing motion :  
Focusing on junior high school baseball player**

比留間 浩 介<sup>1)</sup>・森 健 一<sup>2)</sup>

Kosuke Hiruma and Kenichi Mori

所属 1) 山形県立米沢女子短期大学健康栄養学科

2) 武蔵大学人文学部

## <Abstract>

The purpose of this study was to investigate that influence of twist rotation power used to Stretch-Shortening cycle (SSC) movement and trunk twist rotation at throwing motion in junior high school baseball player

The subjects were 36 male players in a junior high school baseball team. They throwing motions were filmed and throwing ball speed, trunk twist rotation power by using SSC movement was measured.

The players were divided into three groups based on trunk twist rotation power: Excellent(E), Medium(M) and Poor(P) groups. Relationships between ball speed and trunk kinematics were studied. The main results were as follows:

- 1) Ball speed was significantly different between three groups.
- 2) Shoulder rotation and twist angle at the time of L-on were largest in E group, and the significant difference was accepted between P group.
- 3) The maximum shoulder rotation angle and twist angular velocity were significantly large in E group compared with M and P group.
- 4) When the time from the maximum twist rotation time to ball release was normalized for every players. The average shoulder angular velocity in 20~60% for E group was significantly larger than for P and M groups.

It is concluded that those who are excellent in the power output abilities during SSC movement were shown that the effect of SSC of a trunk may be able to be more effectively used at the time of throwing.

Key words : twist rotation power, Stretch-Shortening cycle (SSC) movement, twist rotation at throwing motion, ball speed

## 1. 緒言

速いボールを投げるためのアプローチは動作（技術）と体力の2つの面に分けられることが報告されている<sup>1)</sup>。技術面に関しては、バイオメカニクスの手法を用いて、投球スピードを高めるための手がかりが多くの研究によって明らかにされている<sup>2), 3), 4)</sup>。同様に体力に関しても筋力やパワー、伸張－短縮サイクル（Stretch-Shortening cycle：SSC）運動能力などと投球スピードとの間に有意な相関関係があることが報告されている<sup>5), 6), 7)</sup>。

その中で、体幹に着目した研究は数多くみられ、例えば宮西ほか<sup>3)</sup>は、野球の投球動作を力学的エネルギーフローの観点から分析し、ボールへ伝えられるエネルギーの大部分は体幹や肩関節の運動によって生み出されたエネルギーによるものであることを明らかにし、高橋ほか<sup>4)</sup>は、三次元解析から大きなボール速度を得るためには上胴の回転角速度を大きくする必要があることを報告している。また、最近では投球中の体幹捻転動作は典型的なSSC運動であることが明らかにされている<sup>8)</sup>。このことに関連して、体幹のSSC運動を利用したパワー発揮能力と投球スピードとの間に高い相関関係があることが報告されている<sup>6), 7)</sup>。

これらのことから、投球時の体幹捻転動作やSSC運動を利用した体幹捻転パワー（以下、単に体幹捻転パワーとする）が投球スピードに影響を及ぼしていることが理解でき、どちらも重要であることが考えられるが、その両者の関係について明らかにした研究はみられない。スポーツパフォーマンスを高めるためには、技術を支える体力を身につける必要があるといった指摘<sup>9), 10)</sup>があるように、投球時の体幹捻転動作と体力的な体幹捻転パワーとの相互関係を明らかにすることができれば、投球スピードを高めるための技術や体力トレーニングを構築する上で有益な情報を得られると考えられる。

また、これまでの研究で、特に発育期のトレーニングでは、個人の身体の発育や体力に見合った指導の必要性が指摘<sup>9)</sup>されているように、この時期における体力的な要因と技術的な要因の関係性について明らかにすることは、発育期の選手を指導する上で有益な知見になると考えられる。しかし、これまで発育期の野球選手を対象として、投球時の体幹動作と体幹捻転パワーとの関係を明らかにした研究はみられない。そこで本研究では、発育期である中学生の野球選手を対象としてSSCを利用した体幹捻転パワーが投球時の体幹捻転動作に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### 2-1. 被検者

被検者は、硬式野球チームに所属している中学生36名（Age：13.8±0.49 years、Height：163.4±7.1cm、Weight：52.0±8.74kg）とした。なお、被検者およびその保護者には本研究の目的、実験内容および危険性について十分に説明するとともに、実験に参加することの同意を得た。

### 2-2. 実験運動および測定項目

#### 2-2-1 投球スピード

塁間と同じ距離である27.43m先の捕球者に向かって、助走を利用して（ステップ）の全力投球を3回行わせ、最も投球スピードの高かった一球を個人の投球スピードとした。なお、ステップ数に差が出ないようにステップ数は1回に規定し、ワンステップによる投球とした。

#### 2-2-2 分析方法および分析項目

投球動作を2台の高速カメラ（Casio社製、EXILIM EX-F1、300fps）を用いて撮影した。本研究では、投球者から捕球者方向をY軸、Y軸に対して左右方向をX軸、鉛直方向をZ軸と

して右手系の固定座標系を設定した。撮影した映像上の左右肩峰、左右大転子、ボール、ならびにキャリブレーションボールをDKH社製のFrame-Dias IIを用いてデジタイズし、DLT法を用いて3次元座標を算出した。得られた3次元座標値は、分析点ごとにWinter<sup>12)</sup>の方法により決定した最適遮断周波数(4－15Hz)でButterworth Digital Filterにより平滑化した。なお、キャリブレーションボールの実測3次元座標値と計測値との平均誤差は、固定座標系のX軸方向が7mm、Y軸方向が5mm、Z軸方向が4mmであった。

本研究では、静止座標系のXY平面に右大転子から左大転子へ向かうベクトルと右肩峰点から左肩峰点へ向かうベクトルを投影し、それぞれのベクトルがY軸となす角度を腰および肩の角度とし、腰の角度と肩の角度との差を捻転角度とした (Fig. 1)。角度のデータは右脚接地時 (R-on)、踏み出し脚接地時 (L-on)、ボールリリース時 (REL) の3つの時点の値を用いた。また、それぞれの角度を時間微分することにより最大角速度を算出した。さらに宮西・櫻井<sup>8)</sup>を参考に肩角度と腰角度の最大角速度の差を算出し、体幹のSSC効果の指標とした。投球スピードについては、得られたボールの座標値を時間微分し、合成することでリリース直後の速度を算出した。

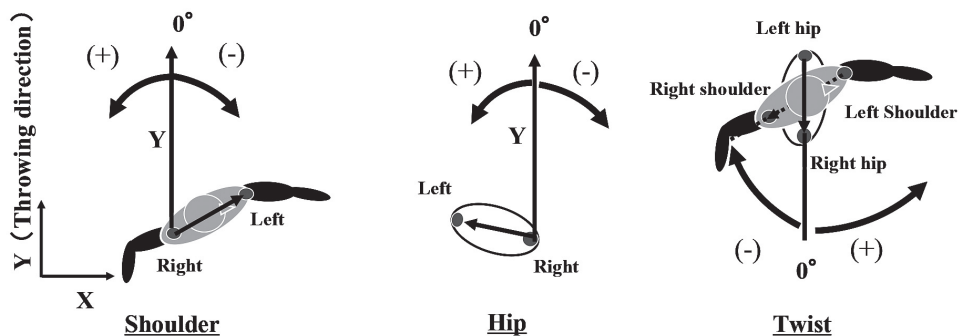


Fig. 1 Definition of the angles

## 2-2-3 データの規格化

本研究では、最大捻転後の角速度の上昇傾向を見るために、各被検者の最大捻転後からRELまでに要した時間を100%としてデータを規格化し、各群における角速度を10%ごとに平均した。

## 2-2-4 体幹捻転パワーの測定

体幹捻転パワーの測定は、先行研究<sup>6), 7)</sup>を参考にSSC運動を利用したパワー発揮能力を測定した。具体的な方法としては、1kg (直径20cm) のメディシンボールを用いて、膝立ちの状態です正対させた状態から投げる方向と逆方向に体幹を捻転させ、反動を用いて全力で投げさせた (Fig. 2)。試技の前には十分な練習を行わせ、「できるだけ遠くに素早く投げる」と口頭で指示し、全力での試技を各3回ずつ行わせ、ボールの飛距離をメジャーで測定し、飛距離が最も優れている試技を分析対象とした。

本研究では動作全体をビデオカメラ (CASIO社製、EXILIM EX-F1、300fps) で撮影し、撮影した映像からCT局面 (最大限捻転させた状態からリリースまで) の動作時間を読み取り、飛距離をCT局面の動作時間で除することでThrow-indexを算出し、これを体幹捻転パワーの指標とした。

このThrow-indexは、体幹が発揮したCT局面の平均パワーをリリース時にボールがもつ力

学的エネルギーをもとにした、式1によって算出したものを基にしている<sup>6), 12)</sup>。しかし、これでは、撮影時のキャリブレーションやデジタイズなど専門的な知識や機材が必要になり、実際の指導現場では、適用できないといったことから<sup>13)</sup>、より簡便なThrow-indexを用いた。このThrow-indexは、式1によって算出したパワーとの間に高い相関関係が認められている(本研究:  $r=0.863$ ,  $p<0.001$ ,  $n=36$ 、田内ほか<sup>13)</sup>:  $r=0.887$ ,  $p<0.01$ ,  $n=10$ )。

したがって、本研究で用いたThrow-indexを体幹捻転パワーの指標として用いることに大きな問題はないと考えられる。

$$\text{Mean power (w)} = \frac{1/2mv^2 + mgh}{\text{CT Time}} \quad \dots \text{式1}$$

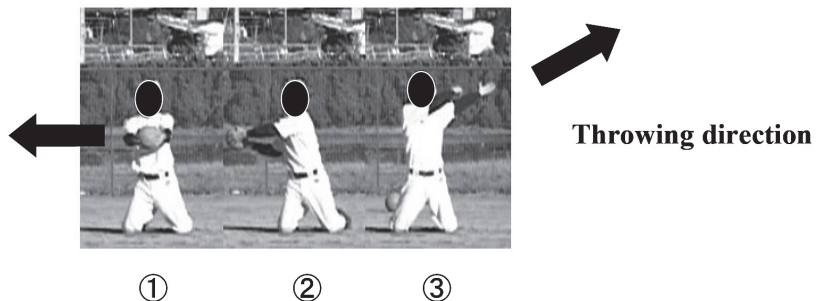


Fig. 2 Method of medicine ball throw

### 2-3. 被検者の分類

先行研究<sup>14)</sup>と同様の方法を用いて、体幹捻転パワーの平均値 $\pm 0.5SD$ を基準に $+0.5SD$ 以上をExcellent群 (E群)、 $-0.5SD$ 以下をPoor群 (P群)、その間をMedium群 (M群)とした。

### 2-4. 統計処理

各測定項目の値は、平均値 $\pm$ 標準偏差で示した。3群間の比較には、1要因の分散分析を用い、時間ごとの平均角速度の比較には2要因の分散分析(時間 $\times$ 群)を用い、F値が有意であった場合には、sheffe法により多重比較を行った。また、分析項目間の比較にはピアソンの相関係数を算出した。いずれも有意性は危険率5%未満で判定した。

### 3. 結果

Table1には、身体的特性、投球スピード、体幹捻転パワー(Throw-index)を示した。投球スピードは体幹捻転パワーの高い順に有意に大きかった。また、身長はP群に比べてM、E群、体重はP群に比べてE群が有意に高かった。

Fig.3には、投球中の各時点における肩、腰角度を示した。L-on時の肩角度のみ有意差が認められ、E群がP群より有意に大きかった。

Fig.4には、R-on時の捻転角度を示した。その結果、E群がP群より有意に大きかった。

Table2には、肩、腰および捻転最大角速度、ならびにSSCの効果(肩と腰の最大角速度の差、宮西・櫻井<sup>8)</sup>)を示した。3群間で有意差が認められた項目は、最大肩角度、捻転角速度(正)であり、いずれもE群がM、P群に比べて有意に大きかった。また、SSCの効果はE、M、P群

の順に大きい値を示し、E、M群がP群に比べ、有意に大きかった。

Fig. 5には、最大捻転時からRELまでの時間を各被検者ごとに規格化し、10%ごとの平均肩角速度を3群間に分けて示した。分散分析の結果、交互作用に有意差は見られなかったが、群の主効果が有意であった（時間の要因については本研究の目的と異なるため問題にできなかった）。多重比較の結果、E群の20～60%での平均角速度がP、M群よりも有意に大きかった。

Table 1 Comparison of height, weight, ball speed and RT-index among three groups

	All (n=36)	Excellent (n=10)	Medium (n=14)	Poor (n=11)		Multiple Comparison
Height (cm)	163.5 ± 6.9	165.5 ± 8.1	165.8 ± 5.6	159.7 ± 5.1	*	P < M, E
Weight (kg)	52.4 ± 8.6	57.1 ± 8.9	53.7 ± 7.1	47.3 ± 7.0	*	P < E
Ball speed (m/s)	27.6 ± 2.4	29.8 ± 1.5	27.5 ± 1.7	25.4 ± 1.4	*	P < M < E
Throw- index (m/s)	26.4 ± 3.8	28.3 ± 3.7	26.3 ± 4.0	24.5 ± 3.5	*	P < M < E

E: Excellent, M: Medium, P: Poor    \*, <: p<0.05

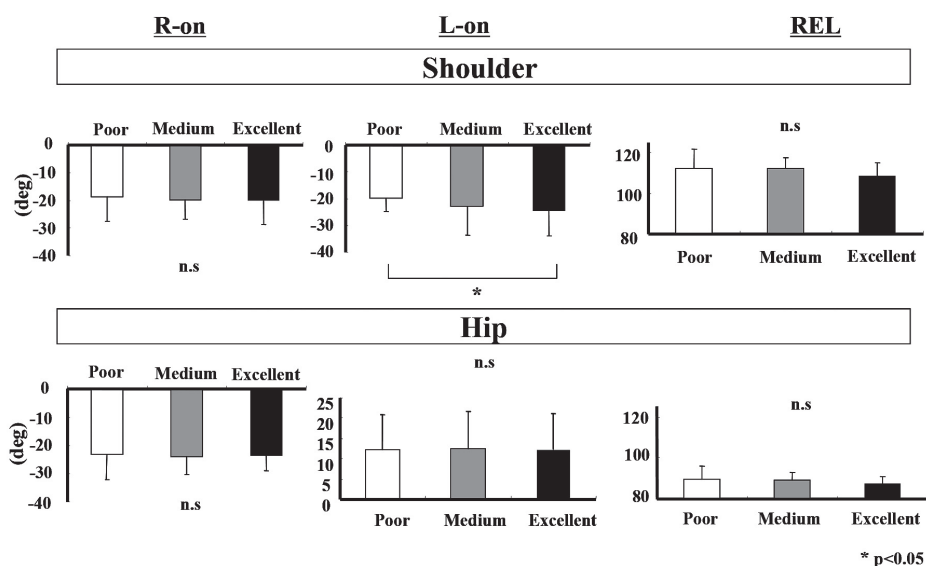


Fig. 3 Comparison of shoulder and hip angle at R-on, L-on, and REL

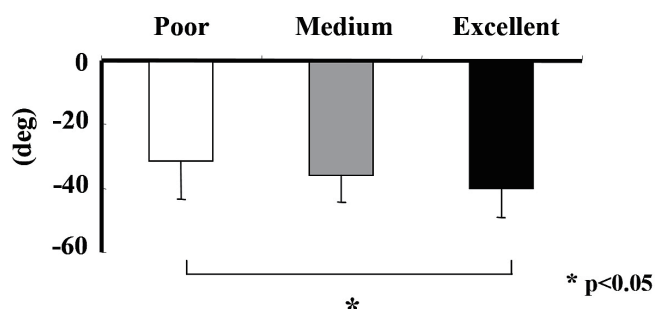


Fig. 4 Comparison of twist angle at L-on

Table 2 Comparison of maximum angular velocity at shoulder, hip and twist among three groups

	Excellent (n=10)	Medium (n=14)	Poor (n=11)	Multiple Comparison	
Maximum shoulder angular velocity (deg/s)	1121.2 ± 112.6	1042.1 ± 90.0	1005.5 ± 93.3	*	P, M < E
Maximum hip angular velocity (deg/s)	773.7 ± 139.4	727.6 ± 63.8	770 ± 109.6	n.s	
Maximum twist angular velocity (+)	826.6 ± 141.1	723.9 ± 172.7	732.7 ± 153.9	*	P, M < E
Maximum twist angular velocity (-)	-451.8 ± 102.3	-433.7 ± 110.5	-385.6 ± 125.5	n.s	
Effect of SSC (deg/s)	347.5 ± 91.1	314.5 ± 82.7	235.5 ± 93.9	*	P < M, E

E: Excellent, M: Medium, P: Poor    \*, &lt;: p&lt;0.05

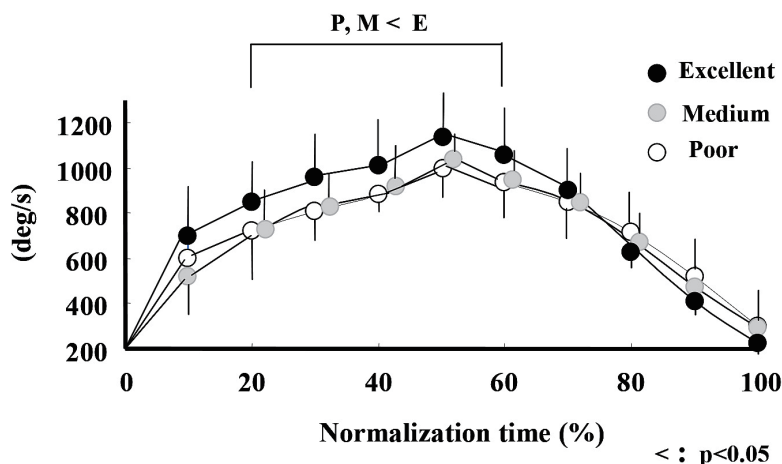


Fig. 5 Averaged patterns of shoulder angular velocity among three groups



#### 4. 考察

本研究では、先行研究<sup>14)</sup>を参考に、体幹捻転パワーの平均値 $\pm 0.5SD$ を基準に、Excellent群 (E群)、 $-0.5SD$ 以下をPoor群 (P群)、その間をMedium群 (M群) として3群に分類した。その結果、体幹捻転パワーが優れている順に投球スピードが高かった。このことは、SSC運動を利用した体幹捻転パワーは、投球スピードと関係のあるといった先行研究<sup>6), 7)</sup>と一致する結果であった。

Fig. 3は、R-on、L-on、REL時の腰および肩の角度を示している。R-on、REL時の腰および肩角度、L-on時の腰角度には3群間で有意な差は認められなかったが、L-on時の肩角度は、E群が最も大きく、P群との間に有意差が認められた。これに関連して、Fig. 4に示した体幹捻転角度を見ると、E群が最も大きく、P群との間に有意差が認められた。これまで、投球動作において体幹の捻りが重要であることはいくつかの研究で指摘されている<sup>3), 4), 15)</sup>。また、実際の指導現場においても、投球時に「肩の開きを遅らせる」といった指導をする場合があるように<sup>4)</sup>、投球動作においては、体幹の捻転を保つことの重要性は理解できる。本研究の結果から、L-on時の体幹捻転角度には、体力要因としての体幹捻転パワーの強さが関係している可能性があることが示された。したがって、体幹の開きが早いと感じられる選手に対しては、技術的な指導だけでなく、シャフトツイストやメディシンボールツイスト・トス<sup>16)</sup>などの、体幹捻転パワーを高めるためのトレーニングを組み合わせることで、投球時の体幹動作を改善できる可能性があると考えられる。Table2には、投球時の肩、腰および捻転最大角速度ならびにSSCの効果を示した。その結果、最大肩角速度、正の最大捻転角速度は、E群がM、P群に比べて有意に大きかった。先行研究では投動作において体幹の回転を利用して肩の回転速度を高めることは、効率的なムチ動作（肩の内外旋）を導き、結果として腕の振りが速くなり、ボール速度が高められることを明らかにしている<sup>2), 17)</sup>。また、投球時の体幹捻転動作は典型的なSSC運動であることが考えられており<sup>8)</sup>、彼らが提案している上胴（本研究では肩角度）と下胴（本研究では腰角度）の最大角速度の差から算出する体幹のSSC効果は、E群、M群、P群の順に大きい値を示した。このSSCの効果は、伸張から短縮への切り替わり直後に顕著であることが報告されており<sup>13)</sup>、本研究において、各被検者の最大捻転後からRELまでの時間を群ごとに規格化し、肩角速度の平均値の上昇傾向を見たところ、E群がM、P群に比べて、最大捻転直後から高く、20～60%の間で有意差が認められた。投動作とは動作形態が若干異なるが野球の打撃動作の体幹捻転運動に着目した那須・松尾<sup>18)</sup>の報告では、経験者は未経験者に比べて最大捻転直後の捻り戻しの角速度が高く、それはSSCの効果によるものと指摘している。

また、発育期にSSC運動を利用したパワー発揮能力を検討した先行研究<sup>6)</sup>では、SSC運動を利用したパワー発揮能力の向上は、体重の増加による筋力の向上、あるいはSSC運動を利用したトレーニングや運動の経験によるものであると指摘している。本研究において、E群とP群では身長、体重ともに有意差が認められた。つまり、E群とP群における肩角速度の差は、体格の差によるものであると考えられる。一方、E群とM群は、身長や体重に有意差は認められなかった。したがって、E群とM群における肩角速度の相違は、SSC運動を利用したパワー発揮能力の差が影響を及ぼしていると考えられる。

これらのことから、本研究において、SSC運動を利用した体幹のパワー発揮能力が優れている者は、投球時においても体幹のSSC運動の効果をより有効に利用できる可能性があることが示された。

以上のことから、発育期の野球選手の投動作を指導する場面で、体幹の捻転動作に問題があると考えられる選手には、身体の発育段階を見極めるとともに、本研究で利用した測定方



法を利用し、体幹捻転パワーを把握した上で技術指導をする必要があると考えられる。

また、本研究の結果は、身体の発育や体力の個人差が大きいとされている<sup>19)</sup> 発育期の選手を対象としているため、本研究の結果が成人野球選手などの他の年代の選手に適応できるとは限らない。したがって、今後は発育期以外の野球選手を対象として検討することが必要であると考えられる。

## 5. 要約

本研究は、発育期である中学生の野球選手を対象として体幹捻転パワーが投球時の体幹捻転動作に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。硬式野球チームに所属している中学生36名を対象に、SSC運動を利用した体幹捻転パワーを測定し、平均値 $\pm 0.5SD$ を基準に $+0.5SD$ 以上をExcellent群 (E群)、 $-0.5SD$ 以下をPoor群 (P群)、その間をMedium群 (M群) として3群に分け、投球スピードおよび体幹捻転動作の比較を行った。

主な結果は以下の通りである。

- 1) 投球スピードは体幹捻転パワーの高い順に有意に大きかった。
- 2) L-on 時の肩角度、体幹捻転角度は、E 群が最も大きく、P 群との間に有意差が認められた。
- 3) 最大肩角度、捻転角速度 (正) は E 群が M、P 群に比べて有意に大きかった。
- 4) 最大捻転時から REL までの時間を各被検者ごとに規格化し、10% ごとの平均肩角速度を示したところ E 群の 20 ~ 60% での平均肩角速度が P、M 群よりも有意に大きかった。

これらのことから、SSC運動を利用した体幹のパワー発揮能力が優れている者は、投球時においても体幹のSSCの効果をより有効に利用できる可能性があることが示された。

## 引用・参考文献

- 1) 石田和之・平野裕一 (1996) 投球スピードを高める、J.J. Sports Sci., 15 : 297-300.
- 2) 石井喜八・斎藤好史・三浦孝仁・小松敏彦 (1984) 投動作に見られる速度増大の要因、第7回バイオメカニクス学会大会論集、pp109-113.
- 3) 宮西智久・藤井 範久・阿江 通良・功力 靖雄・岡田 守彦 (1997) 野球の投球動作における体幹および投球腕の力学的エネルギー・フローに関する3次元解析、体力科学、46: 55-68.
- 4) 高橋佳三・阿江通良・藤井範久・川村卓・小池関也・島田一志 (2005) 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較、バイオメカニクス研究、9:36-53.
- 5) Pedegana, L.R., Elsner, R.C., Roberts, D., Lang J. and Farewell, V. (1982) The relationship of upper extremity strength to throwing speed, Am. J. sports. Med., 10:352-354.
- 6) 比留間浩介・尾縣貢 (2010) 中学・高校野球選手の伸張-短縮サイクル運動を含むパワー発揮能力と投球スピードとの関係とその発達特性~上肢と体幹に着目して~, トレーニング科学、22: 205-216.
- 7) 比留間浩介・尾縣貢 (2011) 各種パワー発揮能力からみた野球選手における投手と野手の体力特性~フィールドテストのデータをもとに~, 体育学研究、56: 201-213.
- 8) 宮西智久・櫻井直樹 (2009) 野球の投・打動作の体幹捻転研究-SSC理論に着目して-, バイオメカニクス研究、13: 149-169.
- 9) 小林寛道 (1987) スポーツ選手の体力-一般的体力とスポーツ特性的体力-, J.J. Sports Sci., 6: 682-683.
- 10) 尾縣貢 (2004) スポーツ技術と身体能力、体育の科学、54: 104-107.
- 11) 浅見俊雄 (1985) 発育発達とトレーニング、スポーツトレーニング、朝倉書店、東京、

pp.131-143.

- 12) Winter, D. A. (2009) Biomechanics and motor control of human movement (4th ed.). John Wiley & Sons : New Jersey, pp. 77-73.
- 13) 田内健二・高松薫・土江寛裕・磯繁雄 (2006) 槍投げ競技者における上肢の伸張－短縮サイクル運動の遂行能力の評価、スポーツ科学研究、3:104-112.
- 14) 尾縣貢・中野正英・岡沢祥訓 (1993) 脚伸展パワーが走幅跳びに及ぼす影響：小学5年生の場合、体育学研究、38：35-45.
- 15) 豊島進太郎 (1980) ボール投げと体幹のひねり、体育の科学30:478-482.
- 16) ラドクリフ、ファレンチノス (2004) 長谷川裕訳：爆発的パワー養成プライオメトリクス、大修館書店：東京.
- 17) 尾縣貢・市村操一 (1995) パス解析を用いたオーバーハンドスロー動作の検討：成人女性を対象として、体育学研究、40：170-180.
- 18) 那須大毅・松尾知之 (2010) 野球の打撃における体幹の回転動作のキネマティクス－経験者と未経験者の比較－、第21回バイオメカニクス学会大会論集、p143.
- 19) 高石昌弘、樋口満、小島武次 (1981) からだの発達－身体発達学へのアプローチ－、大修館書店、東京.